

**BEST AVAILABLE COPY**  
**PATENT ABSTRACTS OF JAPAN**

(11)Publication number : 10-186331

(43)Date of publication of application : 14.07.1998

(51)Int.Cl.

G02F 1/1333  
G02F 1/1337

(21)Application number : 08-341591

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 20.12.1996

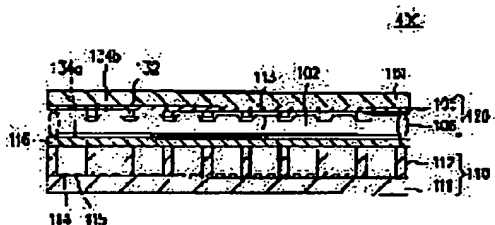
(72)Inventor : YAMADA NOBUAKI  
KANZAKI SHUICHI

**(54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE**

**(57)Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a plasma address LCD (PALC) type liquid crystal display device, which is excellent in a visual angle characteristic, by providing a liquid crystal area where liquid molecules are oriented in the vertical direction at the time of voltage non-impression and they are axially symmetrically oriented every pixel at the time of voltage impression.

**SOLUTION:** The PALC 400 has a counter substrate 120, a plasma substrate 110 and a liquid crystal layer 102 held between these substrates. Moreover, plasma rooms 113 face the liquid crystal layer 102 with a dielectric sheet 116. Then, at the time of voltage non-impression, the liquid crystal molecules of the liquid crystal layer are oriented in a direction vertical to the substrates by the orientation regulating force of a vertically oriented layer. When the pixel area at the time of voltage non-impression is observed with the polarized microscope of a crossed Nicols state, the area presents a dark visual field. Moreover, when a voltage is impressed on the liquid crystal layer, since a force orienting major axes of liquid crystal molecules vertically with respect to the direction of an electric field is exerted on the liquid crystal molecules having the negative dielectric anisotropies, the molecules are inclined from the direction vertical to the substrates. When the pixel area being in this state is observed with the microscope of the crossed Nicols state, a quenching pattern is observed in a direction along the axis of polarization.



**LEGAL STATUS**

[Date of request for examination] 28.01.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3395878

[Date of registration]

07.02.2003

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(10) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-186331

(43) 公開日 平成10年(1998) 7月14日

(51) Int. Cl.

G 0 2 F 1/1833  
1/1837

識別記号

F I

G 0 2 F 1/1833  
1/1837

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願平9-341591

(22) 出願日 平成8年(1996)12月20日

(71) 出願人 000005048

シャープ株式会社  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 山田 健一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
シャープ株式会社内

(73) 発明者 神崎 修一

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号  
シャープ株式会社内

(74) 代理人 弁護士 山本 秀雄

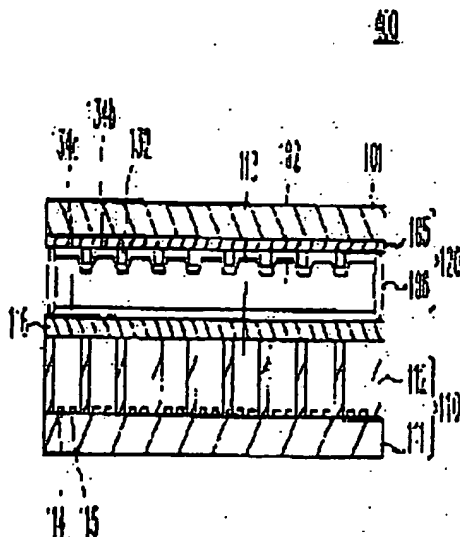
(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【要約】

【課題】 視角特性に優れ、高コントラストなプラズマアドレス型液晶表示装置を提供する。

【解決手段】 信号電極を有する対向基板と、プラズマ放電を行うプラズマ室を有するプラズマ基板と、対向基板とプラズマ基板とに挟持された液晶層とを有し、該信号電極と該プラズマ室によって駆動される液晶表示装置において、液晶分子及誘電異方性を有する液晶分子を用いて該液晶層を形成し、電圧無印加時には、該液晶分子が該一対の基板に対して垂直に配向し、電圧印加時には、該液晶分子が複数の格子領域毎に輪状に配向するように構成する。

は、該液晶分子が複数の格子領域毎に輪状に配向するように構成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 信号電極を有する対向基板と、プラズマ放電を行うプラズマ室を有するプラズマ基板と、対向基板とプラズマ基板とに挟持された液晶層とを有し、該信号電極と該プラズマ室によって駆動される液晶表示装置であって、

該液晶層の液晶分子は負の誘電異方性を有し、電圧無印加時には、該液晶分子が該一対の基板に対して垂直に配向し、電圧印加時には、該液晶分子が複数の陰素領域毎に軸対称状に配向する液晶表示装置。

【請求項2】 前記液晶層の該陰素領域内の厚さ(d<sub>i</sub>n)が、該陰素領域外の該液晶層の厚さ(d<sub>out</sub>)より大きく、

前記対向基板と前記プラズマ基板との少なくとも一方の基板の該液晶層側の面の該陰素領域に対応する領域に垂直配向層を有する請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項3】 前記対向基板と前記プラズマ基板との少なくとも一方の基板は、前記液晶層の表面に、前記陰素領域を包囲する凸部を有している請求項2に記載の液晶表示装置。

【請求項4】 前記陰素領域内の前記液晶層の厚さは、該陰素領域の中央部で最も厚く、該陰素領域の周辺部へ向かって、連続的に減少する請求項1から3のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項5】 前記陰素領域内の前記液晶層の厚さは、該陰素領域の中央部を中心に軸対称状に変化している請求項4に記載の液晶表示装置。

【請求項6】 前記液晶層の両側にクロスニコル状態に配置された一対の偏光板を有し、該一対の偏光板のうちの一方の偏光板の偏光軸は、前記信号電極または前記プラズマ室の伸長方向と平行である請求項1から5のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項7】 前記液晶層に接する表面に、前記液晶分子に軸対称状のプレチルト角を与える軸対称配向固定層を更に有する請求項1から6のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項8】 前記軸対称配向固定層は、光硬化性樹脂からなる請求項7に記載の液晶表示装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、液晶表示装置に関し、特に、HDTVなどの高品位テレビやCAD用ディスプレイなどへの応用に適した大型液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 現在、平面ディスプレイとして、TFT-LCDが広く用いられている。しかし、壁掛けテレビなどへの応用が期待されている20型を超える大型のTFT-LCDは、まだ市販されるに至っていない。最近、大型表示装置を実現する候補として、特開平1-2

17396号公報などに開示されているプラズマアドレスLCD(PALC)が注目されている。

【0003】 図1にPALCの断面構造を示す。PALC100は、一対の基板1と11の間に液晶層2が設けられている。基板11と液晶層2との間には、複数のプラズマ室13が配置されている。それぞれのプラズマ室13は、基板11と、基板11に対向する誘電体シート16と、それらの間に設けられた隔壁12によって形成されている。プラズマ室13内の基板11の表面に形成されたアノード14とカソード15に電圧を印加することによって、プラズマ室13に封入されているガス(例えば、ヘリウム、ネオンなど)が、イオン化されプラズマ放電が起こる。

【0004】 複数のプラズマ室13は、図1の紙面に垂直な方向にストライプ状に延びており、基板1の液晶層2側の表面に形成されている透明電極5と直交する。単結マトリクス型液晶表示装置との比較でいうと、透明電極5は表示電極(信号電極)に、プラズマ室13は定電極に対応する。基板11、誘電体シート16、プラズマ室13等をまとめて、プラズマ基板10と呼ぶ。

【0005】 図2を参照しながら、PALC100の動作原理を説明する。プラズマ室13が順次ON状態となり、選択されたプラズマ室13内のガスはイオン化状態となる。プラズマ室13がイオン化された状態では、図2に示すように、信号線から透明電極5に供給される電圧に応じた電荷が、誘電体シート16の表面(プラズマ室13側)に蓄積・保持される。このようにしてイオン化したプラズマ室13上に位置する液晶層2に、信号線から供給される信号電圧が印加される。プラズマ室13がイオン化されていないと、誘電体シート16の表面(プラズマ室13側)に電荷が供給されないため、そのプラズマ室13上に位置する液晶層2の領域には、信号電圧が印加されない。このようにして、プラズマ室13は単結マトリクス型液晶表示装置における定電極のように機能する。

【0006】 大画面ディスプレイを安価に製造するためにの方法として、特開平4-265931号公報は、ガラスペーストを用いた印刷法によって、ガラス基板上に、プラズマ室構造を形成する技術を開示している。

【0007】 また、特開平4-313788号公報は、プラズマ室と液晶層とを隔てる誘電体シートの強度を向上させるために厚い誘電体シートを用いた場合に生じる、電荷が液晶層側で蓄積し、表示ににじみを生じる問題を解決するために、透明電極をプラズマ室方向にパターン化した構成を開示している。

【0008】 一方、従来のTNモードの液晶表示装置は視角特性が劣る(視角が狭い)という問題がある。図3(e)に示したように、TN-LCD200の中間表示状態において、液晶分子202は一定の方向にチルトしている。その結果、図3中の矢印AおよびBの視角方

向からTN-LCD100を観察した場合、見かけの光透過率が方向によって異なる。従って、TN-LCD100の表示品質(例えば、コントラスト比)は、視角に大きく依存する。

【0009】液晶分子の配向状態を制御して、液晶表示装置の視角特性を改良するためには、液晶内で少なくとも2以上の方向に液晶分子を配向させることが必要である。例えば、液晶領域214が高分子領域212で包囲されたASMモードの液晶表示装置210の中間膜状態においては、図3(a)に示すように、液晶分子が2つの異なる方向に配向している。この液晶表示装置210を矢印AおよびBで示される視角方向から見た場合、見かけの光透過率が平均化される。その結果、AおよびBの視角方向における光透過率が等しくなり、TNモードに比べて視角特性が改善される。

【0010】広視角モードの具体例としては、下記の(1)から(5)を挙げることができる。

【0011】(1) 液晶セル内に高分子量を有し、偏光板を挟み、しかも配向処理を不要とするものとして、液晶の複屈折率を利用し、透明または白濁状態を電気的にコントロールする方法が提案されている。この方法は、基本的には液晶分子の常光屈折率と支持媒体の屈折率とを一致させ、電圧を印加して液晶の配向が揃うときには、透明状態を表示し、電圧無印加時には、液晶分子の配向の乱れによる光散乱状態を表示するものである。

【0012】提案されている方法としては、特表昭61-502128号公報に液晶と光又は熱硬化性樹脂とを混合し、その後、樹脂を硬化することにより液晶を析出させ樹脂中に液晶滴を形成させる方法が開示されている。さらに、該装置と互いに偏光板の偏光軸を直交する偏光板を組み合わせた広視野角モードが特開平4-338923号公報、特開平4-212928号公報に開示されている。

【0013】(2) 非散乱型で偏光板を用い液晶セルの視角特性を改善する方法として、特開平5-27242号公報に液晶と光硬化性樹脂との混合物から相分離により、液晶と高分子材料の複合材料を成型する方法が開示されている。この方法は、生成した高分子体により液晶ドメインの配向状態がランダム状態になり、電圧印加時に個々のドメインで液晶分子の立ち上がる方向が異なるために、各方向から見た見かけ上の透過率( $d \cdot \Delta n$ が平均化させるため)が等しくなるために中間膜状態での視角特性が改善されるものである。

【0014】(3) 最近、本発明者らが、光重合時にホトマスクなどの光制御することにより液晶分子が液晶領域内で全方向的な配向状態(渦巻き状など)となる液晶装置の特開平7-120728号公報に開示されている。液晶の動作は、電圧OFF状態で軸対称配向をしており、電圧を印加することによりホメオトロピック配向に近づくように動作をし、視角特性が著しく改善され

る。該発明は、p型液晶を使用した場合で、作製方法の一例としては、液晶領域ごとにセル厚より低い格子状の高分子壁を形成し、作製したセル中に液晶と光硬化性樹脂の混合物を注入し、液晶相と均一相が温存する2相領域を利用して軸対称配向を形成する方法の特開平8-95012号公報に開示している。この作製方法の場合、配向膜は、使用していない。

【0015】(4) さらに、基板表面に結晶性高分子でありかつ球晶構造を有する軸対称配向膜を利用した広視角表示モードの特開平6-308496号公報に開示している。

【0016】(5) 基板上に配向膜を塗布し、ラビングなどの配向処理を行わず液晶分子をランダム方向に配向させる方法が特開平6-194635号公報に開示されている。

【0017】液晶を複数領域に分けそれぞれの配向状態を、相互の領域が互いに視角特性を補償し合うように液晶分子を配列させる方法として、下記(6)や(7)が開示されている。

【0018】(6) ラビング方向など配向処理の方向を各領域ごとに液晶を分割した方法が特開昭63-106624号公報に開示されている。

【0019】(7) 基板表面の形状を各領域ごとに屋根型またはピラミッド型に成型し、液晶分子の倒れる方向を各領域ごとに分割した領域で異ならせる方法が特開平7-199193号公報や特開平7-333612号公報に開示されている。特開平7-199193号公報は、n型( $\Delta\epsilon < 0$ )の液晶材料と垂直配向層を使用し、電圧OFF状態で基板に垂直に配向し、電圧ONで液晶分子が水平方向に倒れる垂直配向型液晶表示装置も開示している。

【0020】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した従来の技術においては、以下の問題がある。

【0021】PALCに使用されている表示モードは、TNモードが中心である。TNモードのように、表示品質が視角に依存する表示モードを大画面表示装置に用いると、図4に示すように、観察者の位置が固定されていても、観察する表示面の位置によって視角が異なるので、表示品質が表示面内でばらつくという問題がある。

【0022】また、上記(6)および(7)のn型(誘電異方向性が正)の液晶材料を用いる配向分割型の表示装置では、電圧印加時に分割ライン上に液晶分子の配向方向が不連続になるディスクリネーションラインが発生し、コントラスト比の低下を引き起こす。さらに、これらの液晶素子を配向分割する方法は、各領域ごとに配向処理が必要となり工工程数が増加し、又、製造安定性が低いという問題がある。

【0023】TNモードのPALCの場合、TNモードの視角依存性を考慮して、観察者から見た左右方向の視

角特性を良好な方向に合わせるために、偏光板の偏光軸を画面に対して縦横方向から45°方向に設定される。この場合、プラズマ基板と薄いガラスとの接合面など屈折率の差が存在する箇所、屈折率や偏光の接合面での反射率の差などにより、接合箇所が見え、ディスプレイとして重要な上下左右方向での光漏れを起こす。

【0024】また、PALCに使用されている表示モードは、NW（ノーマリーホワイト）TNモードをはじめとするp型液晶材料を使用した表示モードである。これらの表示モードのPALCにおいては、十分なコントラスト比が得られないという問題がある。これは、プラズマ放電が不均一なために、液晶層に印加される電圧（電界）にムラが生じることによる。p型液晶（ $\Delta\epsilon > 0$ ）を用いたNW表示モードでは、特に、電圧ON時の黒レベルの低下を招き、コントラスト比が大きく低下する問題がある。

【0025】本発明は、上記問題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、視角特性に優れ、高コントラストのプラズマアドレス液晶表示装置を提供することにある。

【0026】

【課題を解決するための手段】本発明の液晶表示装置は、信号電極を有する対向基板と、プラズマ放電を行うプラズマ室を有するプラズマ基板と、対向基板とプラズマ基板とに挟持された液晶層とを有し、該信号電極と該プラズマ室によって駆動される液晶表示装置であって、該液晶層の液晶分子は負の誘電異方性を有し、電圧無印加時には、該液晶分子が該一対の基板に対して垂直に配向し、電圧印加時には、該液晶分子が複数の線素領域毎に軸対称状に配向し、そのことによって上記目的が達成される。

【0027】前記液晶層の該線素領域内の厚さ（ $d_{in}$ ）が、該線素領域外の該液晶層の厚さ（ $d_{out}$ ）より大きく、前記対向基板と前記プラズマ基板との少なくとも一方の基板の該液晶層側の面の該線素領域に対応する領域に垂直配向層を有してもよい。

【0028】前記対向基板と前記プラズマ基板との少なくとも一方の基板は、前記液晶層側の表面に、前記線素領域を包囲する凸部を有してもよい。

【0029】前記線素領域内の前記液晶層の厚さは、該線素領域の中央部で最も厚く、該線素領域の周辺部へ向かって、連続的に減少することが好ましい。

【0030】前記線素領域内の前記液晶層の厚さは、該線素領域の中央部を中心に軸対称状に変化していることが好ましい。

【0031】前記液晶層の両側にクロスニコル状態に配置された一対の偏光板を有し、該一対の偏光板のうちの一方の偏光板の偏光軸は、前記信号電極または前記プラズマ室の伸長方向と平行であることが好ましい。

【0032】前記液晶層に接する表面に、前記液晶分子

に軸対称状のプレチルト角を与える軸対称配向固定層を更に有することが、好ましい。

【0033】前記軸対称配向固定層は、光硬化性樹脂からなってもよい。

【0034】本発明の液晶表示装置は、垂直配向と軸対称配向との間を電圧によって変化する液晶領域を有するので、優れた視角特性を有する。また、誘電異方性が負の液晶材料を用い、電圧無印加時に垂直配向状態をとるノーマリーブラックモードの表示を行うので、高コントラストの表示を提供することができる。

【0035】

【発明の実施の形態】図5を参照しながら、本発明の液晶表示装置300の動作原理を説明する。（a）及び（b）は、電圧無印加時の、（c）及び（d）は、電圧印加時の状態を示し、（a）及び（c）は断面図、（b）及び（d）は上面をクロスニコル状態の偏光顕微鏡で観察した結果を示す。

【0036】液晶表示装置300は、一対の基板32と34の間に挟持されている、誘電異方性（ $\Delta\epsilon$ ）が負（ $n$ 型）の液晶分子42からなる液晶層40を有している。基板32と34のいずれか一方が、プラズマ基板（図1の10）である。一対の基板32と34の液晶層40に接する表面には、垂直配向層38a及び38bが形成されている。また、一対の基板32と34の少なくとも一方の液晶層40側の面には、凸部36が形成されている。この凸部36によって、液晶層40は、 $d_{out}$ と $d_{in}$ の2種類の異なる厚さを有する。その結果、透過するように、電圧印加時に軸対称配向を呈する液晶領域が、凸部36によって包囲される領域に規定される。なお、図5において、液晶層40に電圧を印加するために、一対の基板32と34に形成されている電極およびプラズマ室等は省略してある。

【0037】電圧無印加時には、（a）に示すように、液晶分子42は、垂直配向層の配向規制力によって、基板に垂直な方向に配向している。電圧無印加状態の線素領域をクロスニコル状態の偏光顕微鏡で観察すると、

（b）に示したように、暗視野を呈する（ノーマリーブラックモード）。電圧を印加すると、負の誘電異方性を有する液晶分子42に、液晶分子の長軸を電界の方向に対して垂直に配向させる力が働くので、（c）に示すように、基板に垂直な方向から傾く（中間調表示状態）。この状態の線素領域をクロスニコル状態の偏光顕微鏡で観察すると、（d）に示すように、偏光軸に沿った方向に光強度が観察される。

【0038】本発明の液晶表示装置300の電圧透過率曲線を図6に示す。横軸は液晶層に印加される電圧、縦軸は相対透過率を表す。電圧無印加時のノーマリーブラック状態から、電圧を上昇していくと、透過率が徐々に増加する。相対透過率が10%となる電圧を $V_{10}$ （閾値電圧）と呼ぶ。更に電圧を上昇すると、透過率はさらに

上昇し飽和に至る。透過率が飽和する電圧を $V_{st}$ と呼ぶ。液晶層40に印加する電圧が、 $1/2V_{th}$ から $V_{st}$ の間にある場合には、透過率は図6に示した動作範囲内を可逆的に変化する。 $1/2V_{th}$ 付近の電圧を印加した状態において、液晶分子は基板に対してほぼ垂直配向しているが、軸対称配向の中心軸に対する対称性を記憶しており、 $1/2V_{th}$ を超える電圧を印加すると、可逆的に軸対称配向状態に戻ると、考えられる。しかしながら、印加する電圧が $1/2V_{th}$ よりも低くなると、液晶分子はほぼ垂直配向状態に戻るため、再度電圧を印加すると、液晶分子が倒れる方向が一意的に決まらないので、軸対称配向の中心軸が複数存在することになり、透過率が安定しない。一旦、 $1/2V_{th}$ 以上の電圧を印加すると、凸部36で包囲された領域内（陰素領域に対応）で、複数の中心軸が1つになり、図6に示した電圧透過率特性を示す。液晶セル中に、n型の液晶材料を注入した段階は、印加電圧が $1/2V_{th}$ よりも低い場合と同様の挙動をする。

【0039】したがって、本表示モードは、表示させる初期において軸対称配向を作製させる電圧を印加して軸対称状態を作製し、表示を始めてからは、配向が安定な電圧範囲で使用するにより実用的に使用できるようになる。

【0040】（陰素領域を規定する凸部）本発明の液晶表示装置300は、陰素領域を取り囲むように、凸部36を有している。この凸部36がなく、液晶層40の厚さ（セルギャップ）が均一な場合、液晶ドメイン（連続的に配向した領域：ディスクリネーションラインの発生がない領域）が形成される位置又は大きさを規定されないため、ランダム配向状態になってしまい、中間調表示においてざらついた表示となる。

【0041】凸部36を形成することにより、軸対称配向を呈する液晶領域の位置および大きさが規定される。凸部36は、液晶層40の厚さを制御しており、陰素領域内の液晶分子の相互作用を弱めるために形成されている。液晶層の厚さは、陰素領域周辺の液晶層厚さ（ $d_{out}$ ）が陰素領域内（開口部）の液晶層厚さ（ $d_{in}$ ）より小さく（ $d_{in} > d_{out}$ ）なっており、さらに、 $0.2 \times d_{in} \leq d_{out} \leq 0.8 \times d_{in}$ の関係を満足することが好ましい。すなわち、 $0.2 \times d_{in} > d_{out}$ の場合、この凸部36が陰素領域内の液晶分子の相互作用を弱める効果が十分でなく、陰素領域毎に単一の軸対称配向領域を形成することが困難な場合がある。さらに、 $d_{out} > 0.8 \times d_{in}$ では、液晶セルへの液晶材料の注入が困難になる場合がある。

【0042】なお、「陰素」は、一般に、表示を行う最小単位として定義される。本願明細書において用いられる「陰素領域」という用語は、「陰素」に対応する表示素子の一部の領域を指す。但し、縦横比が大きい陰素（長陰素）の場合、1つの長陰素に対して、複数の陰素

領域を形成してもよい。陰素に対応して形成される陰素領域の数は、軸対称配向が安定に形成されうる限り、できるだけ少ない方が好ましい。

【0043】（軸対称配向の中心軸の位置の制御）電圧印加時に発生する軸対称配向領域の中心軸の位置は、表示品質に大きな影響を与える。図7を参照しながら、中心軸の位置と表示品質との関係を説明する。図7（a）に示すように、中心軸44が陰素領域の中央に位置していると、セルを傾けて表示面を観察しても、（c）に示すように、全ての陰素領域は同様に見える。一方、

（b）に示すように、中心軸が陰素領域の中央からずれている陰素領域があると、（d）に示すように、中心軸ずれた陰素領域は他の陰素領域と異なって見えるために、不均一な（ざらついた）表示となる。この問題は、中間調表示において特に顕著になる。

【0044】陰素領域内の液晶層の厚さ $d_{in}(x)$ を調整することによって、軸対称配向の中心軸の位置を制御することができる。図8に示すように、陰素領域の中央を $x=0$ 、陰素領域の一端を $x=r$ とし、陰素領域の中央での液晶層の厚さ $d_{in}(x=0)$ を最大とし、陰素領域の一端での液晶層の厚さ $d_{in}(x=r)$ が最小となるように、連続的に液晶層の厚さ $d_{in}(x)$ を変化させればよい。 $d_{in}(x)$ の微分係数は $x=0$ から $x=r$ まで常に負であることが好ましく、また、連続していることが好ましい。液晶層の厚さは、視角特性の対称性の観点から、陰素領域の中央に対して、できるだけ対称であることが好ましい。

【0045】また、液晶層の厚さを上述したように制御することによって、軸対称配向が再現性良く形成される。そのメカニズムを図9を参照しながら説明する。図9は、本発明の液晶表示装置の陰素領域を模式的に示した断面図である。

【0046】一方の基板32（例えば、対向基板）の表面の陰素領域には、表示電極52が形成されており、その上を覆って、垂直配向層58aが形成されている。垂直配向層58aは、液晶層40の厚さ $d_{in}$ が図8に示したように変化するような断面形状を有している。垂直配向層58aの厚さ（ $df$ ）の位置（ $x$ ）に対する変化は、液晶層40の厚さの変化と逆になるため、垂直配向層58aの厚さ $df(x)$ の微分係数は正であることが好ましい。他方の基板34（プラズマ基板）の液晶層40側の表面には、垂直配向層58bが形成されている。垂直配向層58bは平坦な断面を有している。

【0047】垂直配向層58aの近傍に存在する液晶分子42は、垂直配向層58aの表面に対して垂直に配向するので、基板面に対して傾いている。従って、電極52と54との間に電圧を印加すると、電場（ $E$ ）に対して、液晶分子の長軸は傾いた状態にある。その結果、液晶分子42は、電場 $E$ によってそれぞれ図中の矢印で示される方向にのみ倒れる。基板面の法線方向に

に対する液晶分子の傾き角 $\theta'$ は、 $0 < \theta' \leq 3^\circ$ が好ましい。 $\theta'$ が $3^\circ$ を越えると、液晶分子による位相差が発生し、光抜けが起こりコントラスト比の低下を招くので、好ましくない。

【0048】このように、垂直配向層の断面形状（厚さ）を変化させ、図8を用いて説明したように液晶層40の厚さを調整させることによって、軸対称配向の中心軸の位置を制御できるとともに、軸対称配向を再現性良く形成することが可能となる。上記の例では、垂直配向層58aの断面形状によって、液晶層40の厚さを制御したが、これに限られない。例えば、図9(b)に示すように、垂直配向層58aの下部（基板側）に、所望の形状を有する固体誘電体層59を別途形成し、その上に平坦な断面形状を有する垂直配向層58aを形成してもよい。固体誘電体層59としては、一般的に用いられているオーバーコート剤、具体的にはエポキシ系コート剤やエポキシアクリレート系コート剤等を用いることができる。

【0049】固体誘電体層59を用いて液晶層40の厚さを制御する場合、固体誘電体層59は表示電極52上に形成することが好ましい。図9(c)のように、所望の断面形状を有する固体誘電体層59の上に表示電極52を形成すると、電界Eの方向が基板面に対して傾斜するので、液晶分子42が倒される方向が一義的に決まらず、好ましくない。

【0050】PALCの場合、液晶層2に印加される電圧は、液晶層2と誘電体シート16との間で容量に従って分配される（図1参照）。一般に、PALCの場合、液晶層2の厚さに比べ、誘電体シートの厚さが大きいので、液晶層2に印加される電圧は、誘電体シート16に印加される電圧よりも小さい。従って、誘電体シート16の液晶層2側の表面に固体誘電体層を形成することによる電圧降下の影響は、比較的少ないので、数 $\mu\text{m}$ 程度の厚さの固体誘電体層を形成しても、実用上の問題はない。

【0051】（液晶材料）本発明で用いられる液晶材料は、負の誘電率異方性（ $\Delta\epsilon < 0$ ）を有する、いわゆる、n型の液晶材料である。 $\Delta\epsilon$ の絶対値の大きさは、用途により適宜設定できる。一般的には、駆動電圧を低下させる観点から、大きな絶対値を有することが好ましい。

【0052】電圧印加時の $d \cdot \Delta n$ （リタレーション）は、装置の透過率、視角特性など装置特性の重要な特性を左右する重要な要素である。本発明の表示モードでは、液晶材料固有の $\Delta n$ と液晶層厚 $d$ の積で決まる液晶セル固有のリタレーションを最適値に限定する必要は必ずしもない。

【0053】リタレーションの最適値（透過率最大になるファーストミニマム条件： $d \cdot \Delta n = 450\text{nm}$ ）よりも大きなリタレーション値を有する液晶表示装置の

電圧透過率曲線を図10に示す。このような液晶表示装置については、相対透過率の最大点を越えた領域を使用する必要はなく、相対透過率が単調に増加する領域で液晶表示装置を駆動すればよい。すなわち、図10において、相対透過率が最大となる電圧を最大駆動電圧（ $V_{\text{max}}$ ）と設定すればよい。

【0054】本発明においては、使用する最大駆動電圧でのリタレーションが重要である。リタレーションの範囲は、液晶セルを作製したときの液晶分子の見掛け上の $\Delta n$ （屈折率の異方性：最大駆動電圧での値）と液晶層の平均厚さ $d$ の積 $d \cdot \Delta n$ （リタレーション）が、約300～500nmであることが好ましい。透過率が極大となる点として、セカンドミニマム条件（リタレーション：1000～1400nm）存在するが、電圧無印加時の視角特性があるので、好ましくない。また、視角によって、印加電圧の大きさと透過率の関係が逆転する、いわゆる階調反転（コントラスト反転）現象を起こすので、好ましくない。

【0055】液晶層における液晶分子のツイスト角も液晶表示装置の透過率を決定する重要な要素のひとつである。本発明においては、リタレーションと同様に、最大駆動電圧におけるツイスト角が重要である。液晶表示装置の透過率は、原理的に、ツイスト角が $90^\circ$ と $270^\circ$ の場合に最大値を示す。しかし、 $270^\circ$ ツイストの場合、軸対称配向を安定して作製するのが困難であるので、電圧透過率曲線において透過率が最大となる $90^\circ$ 付近を使用するのが好ましい。具体的には、最大駆動電圧印加時のツイスト角が、 $45 \sim 110^\circ$ である。本発明はn型の液晶分子を用いているので、液晶分子の見掛け上のツイスト角は電圧に依存する。電圧無印加時のツイスト角はほぼ $0^\circ$ で、電圧の増加に伴いツイスト角が増加し、十分な電圧を印加すると、液晶材料固有のツイスト角に近づく。

【0056】最大駆動電圧におけるツイスト角とリタレーションは、両者がともに好ましい範囲内にあるときに、さらに効果的に透過率を最大値に近づけることができるので、さらに好ましい。

【0057】（光硬化性樹脂）図6を参照しながら上述したように、本発明の液晶表示装置は、 $1/2 V_{\text{th}}$ 以上の電圧を常に印加することが好ましい。基板に対して垂直に配向した液晶分子に電圧を印加すると、液晶分子が倒れる方向が一義的に決定されない。その結果、過渡的に複数の中心軸が形成される現象が起こる。電圧を印加し続けると、凸部で規定された領域内に唯一の中心軸が形成され、 $1/2 V_{\text{th}}$ 以上の電圧を印加している限り、この状態は安定に存在する。

【0058】軸対称配向を安定化するための $1/2 V_{\text{th}}$ 以上の電圧を印加状態で、予め液晶材料中に混合しておいた光硬化性樹脂を硬化させることによって、軸対称配向を安定化させることができる。光硬化性樹脂を硬化し



た後は、1/2V<sub>th</sub>以上の電圧を取り除いても、複数の中心軸が形成されることなく、再現性よく、軸対称配向が形成される。

【0059】本発明で使用する光硬化性樹脂は、アクリレート系、メタアクリレート系、スチレン系、及びこれらの誘導体を使用することができる。これらの樹脂に光重合開始剤を添加することにより、より効率的に光硬化性樹脂を硬化させることができる。また、熱硬化性樹脂を用いることもできる。

【0060】硬化性樹脂の添加量は、材料により最適値が異なり本発明は特に限定しないが、樹脂含有量（液晶材料を含む全体の重量に対する%）が約0.1〜5%であることが好ましい。約0.1%より少ないと、軸対称配向状態を硬化した樹脂によって安定化することができず、約5%を越えると、垂直配向層の効果が阻害され、液晶分子が垂直配向からずれるので、透過率が上昇（光り抜け）し、電圧OFF時の黒状態が劣化する。

【0061】（位相差板）2枚の直交した偏光板間に、垂直配向した液晶材料を挟んだ場合、正面方向では、良好な黒状態が得られ高コントラストが得られる。しかし、視角を変化させて観察した場合、（i）偏光板の特性の視角依存性、および、（ii）液晶層のリタレーションの視角依存性（垂直に配向している液晶分子のリタレーションは方向によって変化する）に依存して、光漏れが観察されコントラスト比の低下が起こる。この現象は、偏光板の偏光軸から45°方向（方位角：基板面内方向）で顕著に表れる。この現象を抑制するためには、垂直に配向した液晶材料のリタレーションを小さくすることが効果的である。また、液晶セルと偏光板の間に、プリスビー型（表示面内方向の屈折率 $n_x$ 、 $y>$ 表示面に垂直方向の屈折率 $n_z$ ）屈折率格円体を有する位相差板を設置することが好ましい。この位相差板の位相差は、液晶材料固有の $\Delta n$ と液晶層厚さ $d$ との積で決まる液晶セル固有のリタレーション値より小さいことが好ましい。さらに好ましくは、上記液晶セル固有のリタレーションの約30〜80%の値である。約30%以下では、位相差板の効果が小さく、約80%以上では広視角方向で色付きが大きくなり好ましくない。

【0062】（垂直配向層）液晶分子を垂直に配向させる表面を有していればよく、材料は、無機材料でも有機材料でもかまわない。例えば、ポリイミドタイプ（JALS-204（日本合成ゴム）、1211（田産化学））、無機系（EXP-OA003（田産化学工業））などが使用できる。

【0063】（偏光板の配置）プラズマ基板と薄いガラスとの接合面で屈折率の差が存在すると、複屈折や偏光に対する反射率の差などにより、接合面で光り漏れが起こり、接合箇所が見えるという現象が起こる。この現象は、偏光板の偏光軸と屈折率の差のある面との角度が45°の場合に最も顕著になり、0°または90°の場合

に最小となる。TNモードの装置の場合、その視角特性（図11（a））を考慮し、観察者から見て左右方向の視野角を広くするために、図11（b）に示すように、偏光板の偏光軸が表示面の縦横方向から45°傾くように配置されるのが一般的である。TNモードのPALCの偏光板をこのように配置すると、屈折率差を生じさせるプラズマ室構造が表示面の縦又は横方向に延びるので、プラズマ室構造が目視されなくなる。しかし、本発明で使用する軸対称配向モード（垂直型ASMモード）では、図12に示すように、対称性の高い視角特性を有しているので、偏光板の偏光軸を表示面の縦横方向に配置することができ、プラズマ室構造を目立たなくすることができる。この点においても、PALCに軸対称配向を適用する利点がある。

【0064】

【実施例】以下本発明の実施例を示すが、本発明は、これに限定されるものではない。

【0065】（実施例1）本実施例のPALC400の断面図を図13に示す。PALC400は、対向基板120とプラズマ基板110と、これらに挟持された液晶層102とを有している。液晶層102は、シール剤106によって封止されている。プラズマ基板110は、基板111と、基板111に対向する誘電体シート116と、それらの間に設けられた隔壁112によって形成されている複数のプラズマ室113を有している。プラズマ室113は、誘電体シート116を介して液晶層102に面している。基板111のプラズマ室113側の表面に形成されたアノード114とカソード115に電圧を印加することによって、プラズマ室113に封入されているガスが、イオン化されプラズマ放電が起こる。複数のプラズマ室113は、図13の紙面に垂直な方向にストライプ状に延びており、対向基板120の基板101の液晶層102側の表面に形成されている透明電極105と直交している。これらが直交する領域が陰素領域を規定する。

【0066】対向基板110の液晶層102側の面に、陰素領域に対応するように、格子状に凸部132が形成されている。この凸部132によって、軸対称配向領域が陰素領域に対応するように形成される。さらに、プラズマ基板110及び対向基板120が液晶層102に接する表面には、それぞれ、垂直配向層134a及び134bが形成されている。

【0067】PALC400を以下のようにして作製した。ガラス基板111上に、アノード電極114とカソード電極115が対になった複数の電極群を形成し、各電極群を隔てるように、ガラスペーストを用いて高さ約2.00 $\mu$ mの隔壁112を形成した。次に、隔壁112上に厚さ約50 $\mu$ mの誘電ガラス基板116を光硬化性シール剤で貼り合わせた。その後、プラズマ室113に、アルゴンガスを封入した。誘電ガラス基板116の

全面にJALS-204(日本合成ゴム社製)をスピニングコートし、垂直配向層134aを形成し、プラズマ基板110を得た。

【0068】図14を参照しながら、対向基板120の製造方法を説明する。まず、ストライプ状の透明電極105(厚さ150nmのITO)付きガラス基板101上に、感光性ポリイミドで高さ約6μmのスペーサー135を精密領域外に形成した。その上に、OMR83(東京応化社製)で、高さ約2.7μmの凸部132を形成した(精密領域の大きさ100μm×100μm)。その上に、JALS-204(日本合成ゴム社製)をスピニングコートし、垂直配向層134bを形成し、対向基板120を得た。プラズマ基板110と対向基板120とを結合させ、液晶セルを作製した。

【0069】作製したセル中に、n型液晶材料( $\Delta\epsilon = -4$ ,  $0$ ,  $\Delta n = 0.077$ , セルギャップ6μmで90°ツイストとなるように液晶材料固有のツイスト角を設定)を注入し、電圧を7V印加した。電圧印加直後、初期状態で、軸封付配向の配向軸が複数存在する状態となり、さらに、電圧印加状態を続けると精密領域ごとに1つの軸封付配向領域(モノドメイン)が形成された。

【0070】液晶セルの両側に偏光板をクロスニコル状態になるように配置し、液晶表示装置を作製した。得られた液晶表示装置の構造は、垂直配向層134bの断面形状が図14に示したようにすり鉢状となっていることを除けば、実質的に図8に示した液晶表示装置と同様の構造を有している(偏光板は不図示)。垂直配向層134bは、すり鉢状の断面形状を有しているので、その厚さの位置(精密中央から周辺部に至る)による変化を示す曲線の微分係数は正であり、精密領域内の液晶層厚さの変化を示す曲線の微分係数は負である。

【0071】実施例1のセルの軸封付配向は、1/2Vth以上の電圧を印加している状態では安定で、電圧を1/2Vthより低くすると軸封付配向の状態が崩れ、初期状態に戻ってしまう。再び電圧を印加すると初期の軸封付配向の中心軸が複数存在する状態を経て、精密領域ごとに1つずつ中心軸を有する軸封付配向状態になった。この現象は、20回実施しても変化なかった。実施例1の液晶セルの電気光学特性を測定するために、1/2Vth以上の電圧を印加して軸封付状態を形成した後で、電気光学特性の測定中は、軸封付配向が安定な電圧範囲(1/2Vth以上)で測定した。

【0072】得られた電気光学特性を図15に示す。図15から明らかなように、本発明による液晶表示装置は、OFF状態における透過率が低く、良好なコントラスト比(CR=300:1, 5V)が得られた。閾値電圧は、約2Vであった。また、図12に示したような広い視角範囲において高いコントラスト比が得られた。図12において、 $\theta$ は方位角(表示面内の角度)、 $\theta'$ は視角(表示面法線からの傾き角)で、ハッチングは、コン

トラスト比が10:1以上の領域を示す。

【0073】(比較例1)比較例1では、図14における基板101の表面に形成された透明電極105上に、垂直配向層134bを直接形成し、その後、実施例1と同様に感光性ポリイミドを用いてスペーサー135を形成した。すなわち、図14における凸部132を形成していない。得られた対向基板120と、実施例1と同様に形成されたプラズマ基板110とを貼り合わせて液晶セルを作製した。この液晶セルの精密領域内の液晶層厚さは一定であった。

【0074】この液晶セルに、実施例1と同じ材料を注入すると、液晶分子がランダム配向状態になり、ディスプレイラインが無秩序に形成された。この液晶セルに電圧を印加して観察したところ、中間調において、ざらつきのある表示がみられた。

【0075】(実施例2)本実施例においては、予め液晶材料中に混合しておいた光硬化性樹脂を硬化させることによって、液晶分子の軸封付配向を安定化させる方法について説明する。

【0076】実施例2による液晶表示装置の模式的な部分断面図を図16に示す。

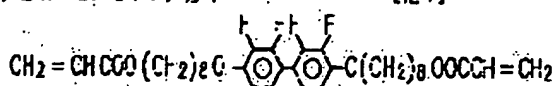
【0077】液晶表示装置500は、一対の基板82と84の間に、誘電異方性( $\Delta\epsilon$ )が負(n型)の液晶分子92からなる液晶層80が挟持されている。基板82と84のいずれか一方にプラズマ基板を用いる。一対の基板82と84の液晶層80に接する表面には、垂直配向層88aおよび88bが形成されている。また、一対の基板82と84の少なくとも一方の液晶層80側の面には、凸部86が形成されている。なお、プラズマ基板の液晶層側に設けられる誘電体シートは薄いので、強度の観点から、対向基板(カラーフィルタ基板)に凸部を形成する方が好ましい。

【0078】この凸部86によって、液晶層80は、2種類の異なる厚さを有する。その結果、前述したように、電圧印加時に軸封付配向を呈する液晶領域が、凸部86によって包囲される領域に規定される。なお、図16において、液晶層80に電圧を印加するために、一対の基板82と84に形成されている電極およびプラズマ基板とは省略してある。ここまでの構造は、実施例1の液晶表示装置400と同じである。本実施例の液晶表示装置500は、垂直配向層88aおよび88bの上に、軸封付配向固定層90aおよび90bが形成されている。この軸封付配向固定層90aおよび90bによって、精密領域内の液晶分子は電圧無印加時においても、軸封付配向を保持することができる。その結果、本実施例の液晶表示装置を駆動する際に、1/2Vthより低い電圧を印加(電圧無印加)しても、再現性よく、図6に示した電気光学特性を呈する。軸封付配向固定層90aおよび90bは、液晶層に1/2Vth以上の電圧を印加した状態で、予め液晶材料中に混合しておいた硬化性樹

脂を硬化することによって、液晶分子の軸対称配向（プレチルト）を保持する軸対称配向固定層90aおよび90bが形成される。以下に、さらに詳細に説明する。

【0079】実施例1と同様に、図14に示す断面構造を有する対向基板を作製した。透明電極105（ITO：150nm）付き基板の上に、感光性ポリイミドで高さ約6μmのスペーサー135を精密領域外に形成した。その上に、OMR83（東京応化社製）で高さ約2.7μmの凸部132を形成した（精密領域の大きさ100μm×100μm）。その上に、垂直配向層134b（JALS-204：日本合成ゴム）をスピコートした。プラズマ基板にも、実施例1と同様に、同じ垂直配向層を塗布し、両者を貼り合わせて液晶セルを完成させた。この液晶セルは、実施例1の液晶セルと実質的に同等である。

【0080】本実施例では、作製した液晶セル中に、n型液晶材料（Δε=-4.0、Δn=0.077、カイ



【0082】実施例2の液晶セルの軸対称配向は、液晶層への印加電圧が1/2Vth未満となっても、液晶分子は完全な垂直配向状態に戻らず、軸対称配向におけるプレチルト状態が軸対称配向固定層142aによって保持されていると考えられる。その結果、一旦、軸対称配向固定層142aが形成された後は、液晶層を電圧無印加状態とした後に再度、1/2Vth以上の電圧を印加しても、軸対称配向の中心軸が精密領域内に複数存在する現象は現れず、垂直配向状態（黒状態）と軸対称配向状態（白状態）とを可逆的に電氣的に制御することが可能となった。実施例2の液晶表示装置の液晶分子は、電圧無印加状態において軸対称配向固定層92aによって、プレチルト角が与えられているが、垂直配向からのずれは、僅かであり、OFF時の黒レベルは、実質的に実施例1の液晶表示装置と同等であり、電気光学特性および

ラ角6μmで90°に設定）、光硬化性樹脂として、下記（化1）で示す化合物AO、4wt%、Ireacur6510、1wt%の混合物を注入した。注入後、5Vの電圧を印加し、軸対称配向を形成した。軸対称配向領域は、凸部66で包囲された精密領域内に形成され、中心軸は精密の中央部に形成された。この後、印加電圧2.0Vより0.5V高い電圧を印加しながら、室温（25℃）で10分間、紫外線照射（365nmにおける強度：6mW/cm<sup>2</sup>）を行い、混合物中の光硬化性樹脂を硬化させた。その結果、図17に示すように、両基板の垂直配向層を覆うように、軸対称配向固定層142aが形成された。対向基板にも図16の90bに相当する軸対称配向固定層（不図示）が形成された。なお、本実施例では、光硬化性樹脂を用いたが、熱硬化性樹脂を用いることもできる。

【0081】

【化1】

視角特性は、それぞれ、図15および図12と同じであった。

【0083】本発明の液晶表示装置においては、2枚の偏光板の偏光軸を表示面の縦横方向になるように貼り合わせた。図12に示したように軸対称状態で広い視角特性が得られるとともに、プラズマ室の方向と偏光板の偏光軸の方向が一致しているために、光り漏れが少なかった。

【0084】また、偏光板の偏光軸から45°方向の視角特性は、負（内屈折率>厚さ方向の屈折率）のプリズビー型の屈折率補正体を有する位相差板（Δn・d=300nm）をセルと偏光板の中間に設置することにより、さらに改善することができる。結果を表1に示す。

【0085】

【表1】

位相差板あり 位相差板無し

7% 55%

【発明の効果】本発明によると、電圧無印加時に液晶分子が垂直に配向し、電圧印加時に精密毎に液晶分子が軸対称配向した液晶領域を有する、視角特性の優れた高コントラストのPALC型液晶表示装置及びその製造方法が提供される。本発明の液晶表示装置は、HDTVなどの高品位テレビ、CAD用ディスプレイ等の大型表示装置として好適に使用される。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来のPLCAの断面図を示す図である。

【図2】PALCの動作原理を示す模式図である。

【図3】液晶表示装置の視角依存性を説明するための模式図である。

偏光軸から45°方向の視角60°での透過率

【0086】（比較例2）実施例において、対向基板上に形成した格子状の凸部を形成することなしに、液晶セルを作製した。液晶層側の表面に水平配向膜を形成し、ラビング処理を行い、TNモードの液晶セルを作製した。液晶セルに液晶材料を注入し、加熱後冷を行いTN-PALCを作製した。作製したPALCに偏光板の偏光軸が表示面に対して縦横方向から45°とずれた方向に貼り合わせた。得られた液晶表示装置の視角特性は、図11に示した特性であり、実施例1及び2に比較して非常に狭い。また、接合面からの光り漏れが顕著に観察され、コントラストの低下を招いた。

【0087】

【図4】大型パネルにおける視角の違いを示す模式図である。

【図5】本発明の液晶表示装置300の動作原理を説明する図である。(a)及び(b)は、電圧無印加時の、

(c)及び(d)は、電圧印加時の状態を示し、(e)及び(f)は断面図、(b)及び(d)は上面をクロスニコル状態の偏光顕微鏡で観察した結果を示す。

【図6】液晶表示装置300の電圧透過率曲線を示す図である。

【図7】軸対称配向領域の中心軸の位置と表示品質との関係を説明するための図である。

【図8】本発明の液晶表示装置の液晶層の厚さd in (x)を説明する模式的な断面図である。

【図9】本発明の液晶表示装置の陰素領域を模式的に示した断面図である。

【図10】 $d \cdot \Delta n = 450 \text{ nm}$ の液晶層を有する液晶表示装置の電圧透過率曲線を示す図である。

【図11】TNモードの液晶表示装置の視角特性を示す図である。

【図12】本発明の液晶表示装置の視角特性を示す図である。

【図13】実施例1のPALCの断面図である。

【図14】(a)は、実施例1のPALCに用いられる

基板の部分断面図、(b)は上面図である。

【図15】実施例1の液晶表示装置の電気光学特性を示す図である。

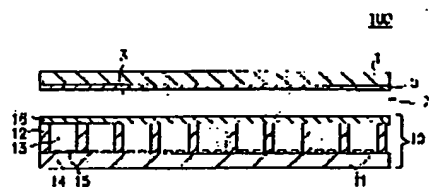
【図16】実施例2の液晶表示装置の模式的な部分断面図である。

【図17】実施例2の液晶表示装置に用いられる基板の部分断面図である。

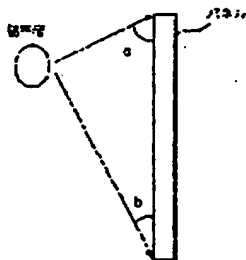
【符号の説明】

- 102 液晶層
- 105 透明電極
- 106 シール剤
- 110 プラズマ基板
- 111 基板
- 112 隔壁
- 113 プラズマ室
- 114 アノード
- 115 カソード
- 116 誘導体シート
- 120 封入基板
- 132 凸部
- 134 a、134 b 垂直配向層
- 400 PALC

【図1】

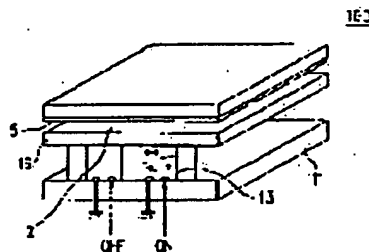


【図4】

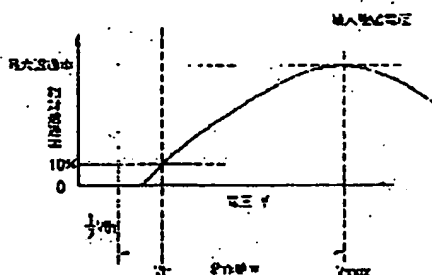


(大型パネルでは、電圧印加領域が中心軸と一致するようにする。)

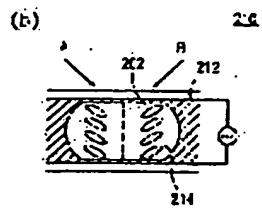
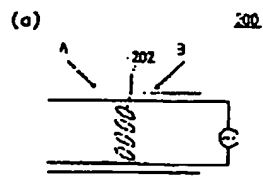
【図2】



【図10】



【図3】



【図5】

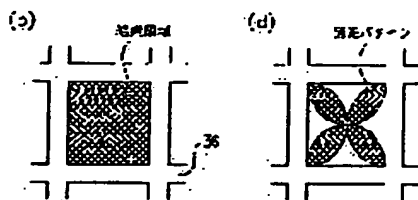
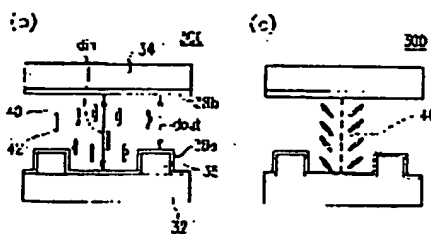
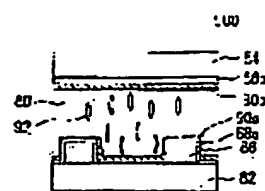
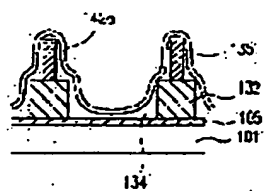


図5の図面

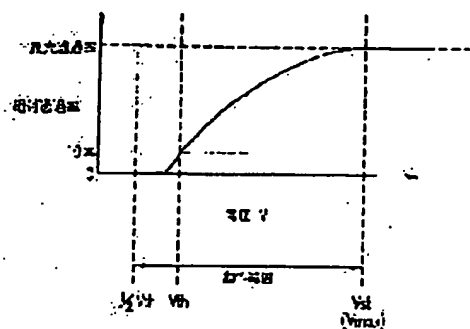
【図16】



【図17】



【図6】



【図7】

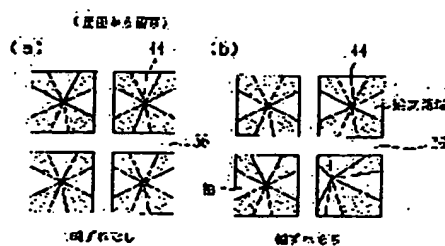


図7の図面

【図15】

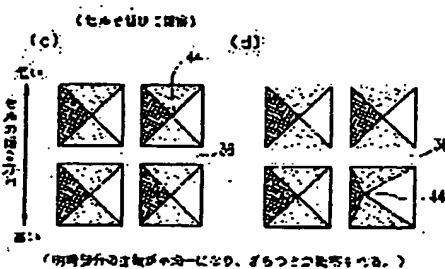
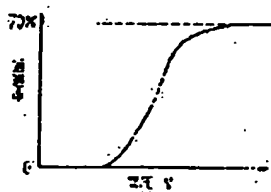
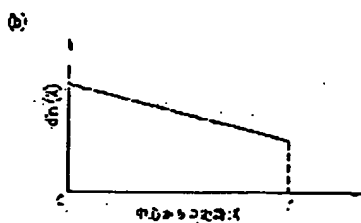
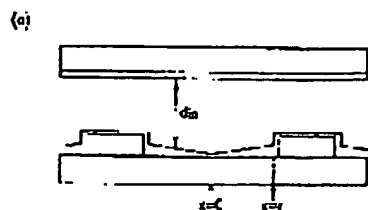
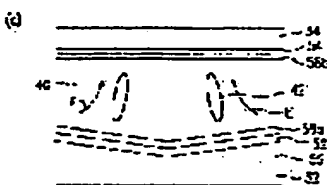
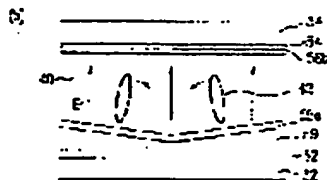
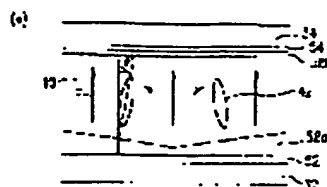


図7の図面

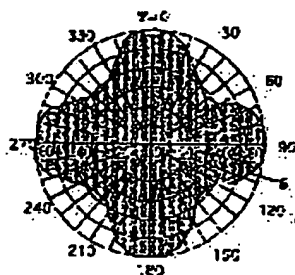
【图 8】



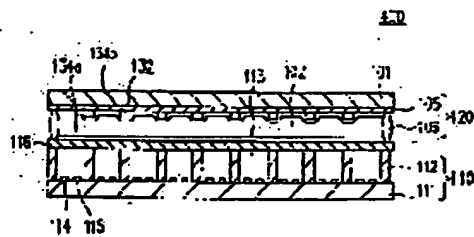
【图 9】



【图 12】

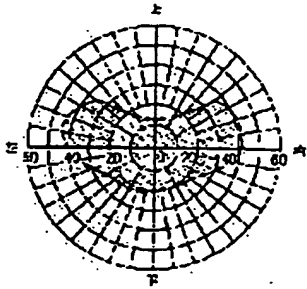


【图 13】

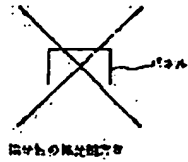


【図 11】

(a)

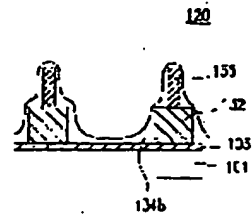


(b)



【図 14】

(a)



(b)

